

PCI/JP00/02611

JP00/02611

25.05.00

EU

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 27 JUL 2000

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年 6月16日

出 願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第169719号

出 願 人  
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

09/787927

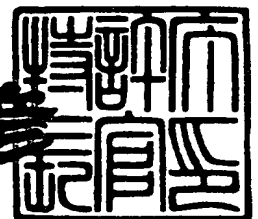
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 6月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3049124

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH115331

【提出日】 平成11年 6月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03D 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 熊谷 智明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 溝口 匡人

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 守倉 正博

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100074930

【弁理士】

【氏名又は名称】 山本 恵一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001742

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701414

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 OFDM復調装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直交周波数多重（OFDM）信号を受信して所定の受信処理を行う受信手段と、

前記受信手段が出力する受信信号に対してタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理を行い同期後の信号および搬送波周波数誤差情報を出力する同期処理手段と、

前記同期処理手段によってタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理された信号をフーリエ変換を用いて各サブキャリア毎の信号に分離するフーリエ変換手段と

を備えるOFDM復調装置において、

前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段と、

前記チャネル推定手段によって得られたチャネル特性の推定結果を用いて前記フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対し等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する同期検波手段と、

前記同期検波手段から出力される検波信号のうちパイロット信号に相当する信号の各信号に共通な位相回転量を検出し各パイロット信号の位相回転情報を生成する位相回転検出手段と、

前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号のうちパイロット信号の信号レベル情報を抽出する信号レベル情報抽出手段と、

前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報を各パイロット信号毎に時間方向に平滑化を行う信号レベル情報平滑化手段と、

前記信号レベル情報平滑化手段によって平滑化された各パイロット信号の信号レベル情報に基づいて前記位相回転検出手段から出力される各パイロット信号の位相回転情報に対し重み付けを行う重み付け手段と、

前記重み付け手段によって重み付けされた各パイロット信号の位相回転情報を

ひとつの OFDM シンボル内で平均化を行うシンボル内平均手段と、

前記シンボル内平均手段によって平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報を時間方向に移動平均化処理を行う移動平均手段と、

前記移動平均手段から出力される位相回転情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号に対し残留搬送波周波数誤差および位相雑音により生じる位相回転を補正する位相回転補正手段と

を設けたことを特徴とする OFDM 復調装置。

【請求項 2】 請求項 1 の OFDM 復調装置において、

前記信号レベル情報平滑化手段が、

前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報を各パイロット毎に時間方向に移動平均化を行うこと

を特徴とする OFDM 復調装置。

【請求項 3】 請求項 1 の OFDM 復調装置において、

前記信号レベル情報平滑化手段が、

前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報をそれぞれ時間方向に積分するとともに該積分を行った信号数で除算を行うこと

を特徴とする OFDM 復調装置。

【請求項 4】 請求項 1 の OFDM 復調装置において、

前記信号レベル情報平滑化手段が、

前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報をそれぞれ時間方向に積分するとともに該積分を行った信号数が  $2^N$  ( $N$  : 自然数) で表される時に  $N$  ビットのビットシフトにより除算を行うこと

を特徴とする OFDM 復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM) 方式を用いるデジタル無線通信システムの復調装置において、特に

残留搬送波周波数誤差および位相雑音に起因する各サブキャリア信号の位相回転を補正する機能を有する復調装置に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

OFDM方式のデジタル無線通信システムでは、互いに周波数の異なる直交する複数のサブキャリアを同時に使用して情報を伝送する。従って、受信側では一般に高速フーリエ変換（FFT）を用いて受信したOFDM信号から各サブキャリアの信号成分を分離する。また、OFDM方式では送信する各シンボルの間にガードインターバルを設ける。一般にこのガードインターバルでは、送信する各シンボルのデータ部分を循環的に拡張した信号を送信する。データ部分を循環的に拡張した信号をガードインターバルで送信することにより、受信したOFDM信号のタイミングと受信側のシンボルタイミング（FFTウインドウタイミング）とが多少ずれている場合であっても、ずれの大きさがガードインターバル内に収まる程度であれば、隣接シンボルからの干渉を受けずに受信信号を復調することができる。

#### 【0003】

従来例のOFDM復調装置について、図7を参照して説明する。なお、この例では図5に示すバーストフォーマットのOFDM信号を送受信する場合を想定している。

#### 【0004】

図7において、アンテナ1で受信されたOFDM信号は、受信回路2に入力される。受信回路2は入力されたOFDM信号に対し、周波数変換、フィルタリング、直交検波等の受信処理を行い受信信号を複素ベースバンド信号として出力する。受信回路2から出力される複素ベースバンド信号は、同期処理回路3に入力される。

#### 【0005】

同期処理回路3は、入力される複素ベースバンド信号に含まれる同期用プリアンブル信号を用いて、搬送波周波数誤差およびシンボルタイミングを検出する。また、検出した搬送波周波数誤差の情報を用いて受信処理後の複素ベースバンド

信号に対して搬送波周波数誤差補正処理を行い、補正された複素ベースバンド信号を出力する。また、検出されたシンボルタイミングの情報も同期処理回路 3 から出力される。シンボルタイミングの検出は、複素ベースバンド信号からガードインターバルを除去しフーリエ変換回路に入力すべき信号だけを抽出するために必要になる。同期処理回路 3 から出力される搬送波周波数誤差補正処理後の複素ベースバンド信号およびシンボルタイミング情報の信号がガードインターバル除去回路 4 に入力される。

#### 【0006】

ガードインターバル除去回路 4 は、入力されるシンボルタイミング情報に従い、入力される搬送波周波数補正処理後の複素ベースバンド信号に対して、1 個の OFDM シンボル毎に 1 個の OFDM シンボル長からガードインターバルに相当する信号を抜いた時間幅の FFT ウィンドウ処理を施す。すなわち、ガードインターバルに相当する信号を除去し、フーリエ変換回路 5 に入力すべき有効な信号成分だけを抽出し出力する。ガードインターバルが除去された複素ベースバンド信号がガードインターバル除去回路 4 から出力され、フーリエ変換回路 5 に入力される。

#### 【0007】

フーリエ変換回路 5 は、入力される複素ベースバンド信号を 1 OFDM シンボル毎に高速フーリエ変換処理する。高速フーリエ変換処理の結果、サブキャリア毎に分離された信号がフーリエ変換回路 5 から出力される。フーリエ変換回路 5 が出力するサブキャリア毎の信号は、同期検波回路 7 およびチャネル推定回路 6 にそれぞれ入力される。

#### 【0008】

チャネル推定回路 6 は、入力される各サブキャリアの信号のうち、バーストの先頭付近のチャネル推定用プリアンプル信号（図 5 参照）に相当する信号を用いて、受信した OFDM 信号が通ってきた全てのサブキャリアの伝送路（チャネル）の状態を推定し、推定された全てのサブキャリアのチャネル推定結果を出力する。このチャネル推定結果からは、例えば、各々のサブキャリアの振幅や位相がフェージングによってどのような影響を受けているかを各サブキャリア毎に知る

ことができる。チャンネル推定回路 6 から出力される全てのサブキャリアのチャンネル推定結果は同期検波回路 7 に入力されるとともにパイロット信号レベル情報抽出回路 8 に入力される。

#### 【0009】

パイロット信号レベル情報抽出回路 8 は、チャンネル推定回路 6 から入力された全てのサブキャリアのチャンネル推定結果のうち、パイロット信号の送信に用いられた各サブキャリアのチャンネル推定結果から、各パイロット信号の信号レベルを抽出する。この各パイロット信号の信号レベルからは、各々のパイロット信号の振幅成分がフェージングによってどのような影響を受けているかを知ることができる。演算された各パイロット信号の信号レベル情報がパイロット信号レベル情報抽出回路 8 から出力される。パイロット信号レベル情報抽出回路 8 から出力される各パイロット信号の信号レベル情報は重み付け回路 10 に入力される。

#### 【0010】

一方、同期検波回路 7 は、チャンネル推定回路 6 から入力されるチャンネル推定結果を用いて、各サブキャリアの信号成分毎にフェージング等のチャンネル特性に起因する振幅変動および位相回転を補正するとともに同期検波を行う。同期検波によって検波された信号が同期検波回路 7 から出力され、位相回転補正回路 13 に入力されるとともにパイロット信号位相回転抽出回路 9 に入力される。

#### 【0011】

パイロット信号位相回転抽出回路 9 は、同期検波回路 7 から入力される検波信号のうち各パイロット信号に相当する信号の位相情報を 1 個の OFDM シンボル毎にそれぞれ抽出し、位相雑音および残留周波数誤差等のフェージング以外の要因による各パイロット信号の位相回転量を演算する。なお、位相雑音は送信装置の送信処理部および受信装置の受信処理部の不完全性によって信号の位相成分に付加される雑音である。また、残留周波数誤差は受信装置の同期処理回路における搬送波同期処理の際に受信回路の熱雑音等の影響によって同期処理回路 3 の出力信号に残留してしまう搬送波周波数誤差である。この各パイロット信号の位相回転情報がパイロット信号位相回転抽出回路 9 から出力される。パイロット信号位相回転抽出回路 9 から出力される各パイロット信号の位相回転情報は重み付け



回路 10 に入力される。

【0012】

重み付け回路 10 は、パイロット信号位相回転抽出回路 9 から 1 個の OFDM シンボル毎に入力される各パイロット信号の位相回転情報に対し、パイロット信号レベル情報抽出回路 8 から入力される各パイロット信号の信号レベル情報を用いてそれぞれ重み付けを行い、重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号を生成する。この重み付けは、パイロット信号レベル情報抽出回路 8 から入力される各パイロット信号の信号レベル情報に基づいて、信号レベルが大きいパイロット信号の位相回転情報には大きい重み付けを行い、信号レベルが小さいパイロット信号の位相回転情報には小さい重み付けを行う。また、重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号の生成は、例えば、入力される各パイロット信号の位相回転量を位相成分とし、入力される各パイロット信号の信号レベル値を振幅成分に持つようなベクトル信号を各パイロット信号についてそれぞれ生成することにより行うことができる。重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号（前述の例では各パイロット信号に対応する各ベクトル信号）が 1 個の OFDM シンボル毎に重み付け回路 10 から出力される。重み付け回路 10 から出力される重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号はシンボル内平均回路 11 に入力される。

【0013】

シンボル内平均回路 11 は、重み付け回路 10 から 1 個の OFDM シンボル毎に入力される重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号を 1 個の OFDM シンボル内で平均化を行う。前述の例では、1 個の OFDM シンボル内の各パイロット信号に対応するベクトル信号をベクトル加算することにより、重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号を平均化できる。なお、この場合にはベクトル加算後のベクトルの位相が、平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報を表す。位相雑音や残留周波数誤差による各サブキャリアの位相回転量は、1 個の OFDM シンボル内では各サブキャリアでほぼ同一となる。従って、1 個の OFDM シンボル内で各パイロット信号の位相回転情報信号を平均化することにより、当該 OFDM シンボル中の各サブキャリアの信号の、位相

雑音および残留周波数誤差等のような各サブキャリアの位相回転量が1個のOFDMシンボル内で同一となるような要因に起因する位相回転量を精度良く知ることができる。1個のOFDMシンボル内で平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号が1個のOFDMシンボル毎にシンボル内平均回路11から出力される。シンボル内平均回路11から出力される1個のOFDMシンボル内で平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号は移動平均回路12に入力される。

#### 【0014】

移動平均回路12は、1個のOFDMシンボル毎に入力される1個のOFDMシンボル内で平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号に対し、複数シンボルに渡る時間方向の移動平均化処理を行い出力する。この時間方向の移動平均化処理により、受信回路2において信号に付加された熱雑音等による信号の劣化を除去することができる。移動平均回路12から出力される移動平均後の位相回転情報信号は位相回転補正回路13に入力される。

#### 【0015】

位相回転補正回路13は、移動平均回路12から入力される移動平均後の位相回転情報信号を用いて、同期検波回路7から入力される検波信号に含まれる位相雑音および残留周波数誤差等のような各サブキャリアの位相回転量が1個のOFDMシンボル内で同一となるような要因に起因する位相回転を補正する。位相回転補正後の検波信号が位相回転補正回路13から出力される。位相回転補正回路13から出力される位相回転補正後の検波信号は識別回路14に入力される。

#### 【0016】

識別回路14は、位相回転補正回路13が出力する位相回転補正後の検波信号に含まれるデータ信号に対してシンボル判定を行い、判定結果を出力する。

#### 【0017】

#### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、実際の受信装置では一般に受信回路102において受信信号をアナログ処理する際に熱雑音が付加され、受信回路2からは熱雑音が付加された複素ベースバンド信号が出力される。同期処理回路3、ガードインターバル除去回路

4 およびフーリエ変換回路 5 は熱雑音の影響を除去あるいは低減する機能を持たないため、受信回路 2 から出力される複素ベースバンド信号に熱雑音が付加されていると、フーリエ変換回路 5 が出力するサブキャリア毎の各信号の信号品質は熱雑音の影響によって劣化することになる。一方、チャンネル推定回路 6 はフーリエ変換回路 5 が出力するサブキャリア毎の各信号のうち、図 5 に示すバーストの先頭付近の固定長のチャンネル推定用プリアンプル信号に相当する信号だけを用いて、受信した OFDM 信号が通ってきた伝送路（チャンネル）の状態を推定する。システムのスループット特性を向上させるため、一般にバーストのチャンネル推定用プリアンプル信号の信号長は短く設定される。従って、フーリエ変換回路 5 が出力するサブキャリア毎の各信号の信号品質が熱雑音の影響によって劣化すると、チャンネル推定回路 6 における伝送路（チャンネル）の状態の推定精度も熱雑音の影響によって低下する。チャンネル推定回路 6 における推定精度が低下した場合、パイロット信号レベル情報抽出回路 8 には精度の低下した各サブキャリアのチャンネル推定結果が入力されることになり、パイロット信号レベル情報抽出回路 8 が出力する各パイロット信号の信号レベルの精度も低下する。従って、重み付け回路 10 では、パイロット信号レベル情報抽出回路 8 から入力された精度の低い各パイロット信号の信号レベルを用いて各パイロット信号の位相回転情報に重み付けを行うことになる。この精度の低下は、シンボル内平均回路 11 および移動平均回路 12 では補正することが不可能である。従って、位相回転補正回路 13 において精度の低い位相回転補正が行われることになるため、大きな劣化を生じる。

#### 【0018】

このような熱雑音による伝送路（チャンネル）状態の推定精度の低下を回避するため、OFDM バースト信号の先頭付近に設けられるチャンネル推定用プリアンプル信号を複数回送信し受信側で平均化を行うことにより熱雑音の影響を低減する方法や、受信したチャンネル推定用プリアンプル信号を周波数方向に移動平均処理することにより熱雑音の影響を低減する方法が考えられる。しかし、前者には、OFDM バースト信号に占めるチャンネル推定用プリアンプル信号の割合が増加するため、伝送効率が低下するという問題がある。また、後者には、周波数方向に

移動平均処理を行うので、各サブキャリア毎の伝送路（チャネル）状態の変動が大きい場合にその変動に追従することができなくなるため、チャネルの推定精度が低下するという問題がある。

#### 【0019】

本発明は、上述のようなOFDM復調装置において、受信信号に熱雑音が付加される場合に、簡易な回路で伝送効率を低下させずに復調信号の劣化を抑制することを目的とする。

#### 【0020】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1は、OFDM信号を受信して所定の受信処理を行う受信手段と、前記受信手段が出力する受信信号に対してタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理を行い同期後の信号および搬送波周波数誤差情報を出力する同期処理手段と、前記同期処理手段によってタイミング同期処理および搬送波周波数同期処理された信号をフーリエ変換を用いて各サブキャリア毎の信号に分離するフーリエ変換手段とを備えるOFDM復調装置において、前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段と、前記チャネル推定手段によって得られたチャネル特性の推定結果を用いて前記フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対し等化処理および同期検波処理を行い検波信号を出力する同期検波手段と、前記同期検波手段から出力される検波信号のうちパイロット信号に相当する信号の各信号に共通な位相回転量を検出し各パイロット信号の位相回転情報を生成する位相回転検出手段と、前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号のうちパイロット信号の信号レベル情報を抽出する信号レベル情報抽出手段と、前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報を各パイロット信号毎に時間方向に平滑化を行う信号レベル情報平滑化手段と、前記信号レベル情報平滑化手段によって平滑化された各パイロット信号の信号レベル情報に基づいて前記位相回転検出手段から出力される各パイロット信号の位相回転情報に対し重み付けを行う重み付け手段と、前記重み付け手段によって重み付けされた各パイロット信号の位相回転情報を1個のOFDMシンボル内で平均化を行

うシンボル内平均手段と、前記シンボル内平均手段によって平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報を時間方向に移動平均化処理を行う移動平均手段と、前記移動平均手段から出力される位相回転情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号に対し残留搬送波周波数誤差および位相雑音により生じる位相回転を補正する位相回転補正手段とを設けたことを特徴とする。

#### 【0021】

チャネル推定手段は、前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行う。同期検波手段は、前記チャネル推定手段によって得られたチャネル特性の推定結果を用いて前記フーリエ変換手段によって分離されたサブキャリア信号に対し等化処理および同期検波処理を行う。位相回転検出手段は、前記同期検波手段から出力される検波信号のうちパイロット信号に相当する信号の各信号に共通な位相回転量を検出し各パイロット信号の位相回転量情報を生成する。信号レベル情報抽出手段は、前記フーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号のうちパイロット信号の信号レベル情報を抽出する。受信手段による受信処理時に受信信号に熱雑音が付加されると、フーリエ変換手段によって分離される各サブキャリア信号の振幅成分と位相成分の両方に誤差が生じることになる。信号レベル情報抽出手段はフーリエ変換手段によって分離された各サブキャリア信号を用いてパイロット信号の信号レベル情報を抽出するため、受信手段による受信処理時に受信信号に熱雑音が付加されると、信号レベル情報抽出手段によって抽出される各パイロット信号の信号レベル情報にも熱雑音の影響による誤差が生じることになる。信号レベル情報平滑化手段は、前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報を各パイロット信号毎に時間方向に平滑化を行う。この平滑化により、前記信号レベル情報抽出手段の出力する各パイロット信号の信号レベル情報に含まれる熱雑音の影響を低減することができる、すなわち、各パイロット信号の信号レベル情報を高精度に検出することができる。重み付け手段は、前記信号レベル情報平滑化手段によって平滑化された高精度の各パイロット信号の信号レベル情報に基づいて前記位相回転検出手段から出力される各パイロット信号の位相回転情報に対し重み付けを行う。重み付け手段は前記平滑化手段によって時間方向に

平滑化された高精度の各パイロット信号の信号レベル情報を用いて前記位相回転検出手段から出力される各パイロット信号の位相回転情報に対し重み付けを行うため、信頼性の高い各パイロット信号の位相回転情報を得ることができる。シンボル内平均手段は、前記重み付け手段によって重み付けされた信頼性の高い各パイロット信号の位相回転情報を 1 OFDM シンボル内で平均化を行う。移動平均手段は、前記シンボル内平均手段によって平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報を時間方向に移動平均化処理を行う。位相回転補正手段は、前記移動平均手段から出力される位相回転情報に基づいて前記同期検波手段から出力される検波信号に対し残留搬送波周波数誤差および位相雑音により生じる位相回転を補正する。

#### 【 0 0 2 2 】

なお、上述の処理は、パイロット信号の信号レベル情報の精度を向上させるためにチャネル推定用プリアンプル信号の信号長を長くする必要がないため、システムのスループットの低下を招くことはない。さらに、各サブキャリア毎の伝送路（チャネル）状態の変動が大きい場合であっても、周波数方向の移動平均等の処理を行っていないため、チャネルの推定精度が低下することはない。

#### 【 0 0 2 3 】

請求項 2 は、請求項 1 の OFDM 復調装置において、前記信号レベル情報平滑化手段が、前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報を各パイロット信号毎に時間方向に移動平均化を行うことを特徴とする。

#### 【 0 0 2 4 】

請求項 3 は、請求項 1 の OFDM 復調装置において、前記信号レベル情報平滑化手段が、前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報をそれぞれ時間方向に積分するとともに該積分を行った信号数で除算を行うことを特徴とする。

#### 【 0 0 2 5 】

請求項 3 においては、フェージングによる伝送路（チャネル）の状態が、1 バースト区間を通してほとんど変化しないような場合を前提としている。この場合

、各パイロットの信号の 1 OFDM シンボル当たりの信号レベルは、各パイロット信号の信号レベルを 1 OFDM シンボル毎に積分処理を行い、その積分値を、積分を行った回数すなわち積分を行った OFDM シンボル数で除算することにより求めることができる。この場合、バーストの後ろに行くほど積分する OFDM シンボル数が増加するため平滑化の効果が高くなり、熱雑音の影響をより低減することができるため、高精度に各パイロット信号の信号レベル情報を検出することができる。

【0026】

請求項 4 は、請求項 1 の OFDM 復調装置において、前記信号レベル情報平滑化手段が、前記信号レベル情報抽出手段によって得られた各パイロット信号の信号レベル情報をそれぞれ時間方向に積分するとともに該積分を行った信号数が  $2^N$  ( $N$  : 自然数) で表される時に  $N$  ビットのビットシフトにより除算を行うことを特徴とする。

【0027】

請求項 4 においては、フェージングによる伝送路 (チャネル) の状態が、1 バースト区間を通してほとんど変化しないような場合を前提としている。この場合、各パイロット信号の 1 OFDM シンボル当たりの信号レベルは、各パイロット信号の信号レベルを 1 OFDM シンボル毎に積分処理を行い、その積分値を、積分を行った回数すなわち積分を行った OFDM シンボル数で除算することにより求めることができる。この場合、バーストの後ろに行くほど積分する OFDM シンボル数が増加するため平滑化の効果が高くなり、熱雑音の影響をより低減することができるため、高精度に各パイロット信号の信号レベル情報を検出することができる。また、各パイロット信号の 1 個の OFDM シンボル当たりの信号レベルを求めるための除算をビットシフトによって実現するため、回路規模の増加を抑制することができる。さらに、ビットシフトは積分処理を行った OFDM シンボル数が  $2^N$  ( $N$  : 自然数) で表される時にのみ行うため、OFDM シンボル毎の動作が不要であり、また、バーストの後ろに行くほどビットシフト処理の頻度が少なくなるため、消費電力を著しく低減できる。

【0028】

## 【発明の実施の形態】

## (第1の実施の形態)

この形態のOFDM復調装置について、図1を参照して説明する。この形態は請求項1に対応する。

## 【0029】

この形態では、請求項1の受信手段、同期処理手段、フーリエ変換手段、チャネル推定手段、信号レベル情報抽出手段、信号レベル情報平滑化手段、チャネル推定結果補正手段および同期検波手段は、それぞれ受信回路102、同期処理回路103、フーリエ変換回路105、チャネル推定回路106、信号レベル情報抽出回路109、平滑化回路110、チャネル推定結果補正回路111および同期検波回路107に対応する。

## 【0030】

アンテナ101で受信されたOFDM信号は、受信回路102に入力される。受信回路102は、入力されるOFDM信号に対して周波数変換、フィルタリング、直交検波等の受信処理を施す。この受信処理の結果、複素ベースバンド信号として受信信号が受信回路102から出力される。

## 【0031】

受信回路102から出力される複素ベースバンド信号は、同期処理回路103に入力される。同期処理回路103は、入力される複素ベースバンド信号に含まれる同期用プリアンブル信号(図5参照)を用いて搬送波周波数誤差およびシンボルタイミングを検出する。そして、受信回路102から入力される複素ベースバンド信号に対して、検出した搬送波周波数誤差の情報を用いて搬送波周波数誤差を補正するための処理を施す。

## 【0032】

同期処理回路103は、搬送波周波数誤差の補正された複素ベースバンド信号と、検出したシンボルタイミングの情報を出力する。同期処理回路103から出力された搬送波周波数誤差の補正された複素ベースバンド信号と、検出したシンボルタイミングの情報はガードインターバル除去回路104に入力される。なお、シンボルタイミングの検出は、受信したOFDM信号のシンボル間に存在する



ガードインターバルを除去して各シンボルから有効なデータ成分を抽出するために必要になる。

#### 【0033】

ガードインターバル除去回路104は、同期処理回路103から入力されるシンボルタイミングの情報に従って、入力される複素ベースバンド信号にFFTウインドウ処理を施す。すなわち、複素ベースバンド信号の1個のOFDMシンボル毎に、FFTウインドウの時間幅の信号成分だけを抽出し、ガードインターバルを除去する。FFTウインドウの時間幅は、1個のOFDMシンボル長からガードインターバルに相当する信号長を引いた時間幅である。

#### 【0034】

ガードインターバル除去回路104によってガードインターバルを除去された複素ベースバンド信号がフーリエ変換回路105に入力される。フーリエ変換回路105は、入力される複素ベースバンド信号に1OFDMシンボル毎に高速フーリエ変換処理を施して、入力信号に含まれる多数のサブキャリアの各信号成分をそれぞれ分離する。フーリエ変換回路105で分離された各サブキャリアの信号は、同期検波回路107、チャネル推定回路106およびパイロット信号レベル情報抽出回路108にそれぞれ入力される。

#### 【0035】

チャネル推定回路106は、入力される各サブキャリアの信号のうち、チャネル推定用プリアンブル信号(図5参照)に相当する信号成分を用いて受信したOFDM信号が通ってきた伝送路(チャネル)の状態を推定し、その推定結果を出力する。チャネル推定回路106のチャネル推定結果を参照することにより、例えば、各々のサブキャリアの振幅や位相がフェージングによってどのような影響を受けているのかを知ることができる。チャネル推定回路106のチャネル推定結果は、同期検波回路107に入力される。

#### 【0036】

パイロット信号レベル情報抽出回路108は、入力されるサブキャリアの信号のうちのパイロット信号の信号レベルを1個のOFDMシンボル毎にそれぞれ検出する。パイロット信号レベル情報抽出回路108によって検出された各パイロ

ット信号の信号レベル情報は平滑化回路 115 に入力される。

【0037】

平滑化回路 115 は、1 個の OFDM シンボル毎に入力される各パイロット信号の信号レベルを各パイロット信号毎に時間方向に平滑化する。この時間方向の平滑化により、受信回路 102 において付加される熱雑音の影響を軽減し、各パイロット信号の振幅成分がフェージングによってどのような影響を受けているのかを精度良く知ることができる。

【0038】

同期検波回路 107 は、フーリエ変換回路 105 から入力される複素ベースバンド信号について、チャネル推定回路 106 から入力される各サブキャリアのチャネル推定結果を利用して、サブキャリア毎に、フェージング等のチャネル特性に起因する振幅変動および位相回転を補正するとともに同期検波を行う。同期検波回路 107 が出力する検波信号は、位相回転補正回路 113 に入力されるとともにパイロット信号位相回転抽出回路 109 に入力される。

【0039】

パイロット信号位相回転抽出回路 109 は、同期検波回路 107 から入力される検波信号のうち各パイロット信号に相当する信号の位相情報を 1 個の OFDM シンボル毎にそれぞれ抽出し、位相雑音および残留周波数誤差等のフェージング以外の要因による各パイロット信号の位相回転量を演算する。なお、位相雑音は送信装置の送信処理部および受信装置の受信処理部の不完全性によって位相成分に付加される雑音であり、残留周波数誤差は受信装置の同期処理回路における搬送波同期処理の際に受信回路の熱雑音等の影響により残留してしまう搬送波周波数誤差である。この各パイロット信号の位相回転情報がパイロット信号位相回転抽出回路 109 から出力される。パイロット信号位相回転抽出回路 109 から出力される各パイロット信号の位相回転情報は重み付け回路 110 に入力される。

【0040】

重み付け回路 110 は、パイロット信号位相回転抽出回路 109 から 1 個の OFDM シンボル毎に入力される各パイロット信号の位相回転情報に対し、平滑化回路 115 から入力される各パイロット信号毎に平滑化された各パイロット信号

の信号レベル情報を用いてそれぞれ重み付けを行い、重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号を生成する。この重み付けは、平滑化回路 115 から入力される各パイロット信号の信号レベル情報に基づいて、信号レベルが大きいパイロット信号の位相回転情報には大きい重み付けを行い、信号レベルが小さいパイロット信号の位相回転情報には小さい重み付けを行う。また、重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号の生成は、例えば、入力される各パイロット信号の位相回転量を位相成分とし、入力される各パイロット信号の信号レベル値を振幅成分に持つようなベクトル信号を各パイロット信号についてそれぞれ生成することにより行うことができる。なお、この重み付けに用いる各パイロット信号の信号レベル情報は平滑化回路 115 においてそれぞれ時間方向に平滑化されており、受信回路 102 において信号に付加された熱雑音等による信号レベル情報信号の劣化を除去することができるため、信頼性の高い各パイロット信号の位相回転情報信号を得ることができる。重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号（前述の例では各パイロット信号に対応する各ベクトル信号）が 1 OFDM シンボル毎に重み付け回路 110 から出力される。重み付け回路 110 から出力される重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号はシンボル内平均回路 111 に入力される。

#### 【0041】

シンボル内平均回路 111 は、重み付け回路 110 から 1 個の OFDM シンボル毎に入力される重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号を 1 個の OFDM シンボル内で平均化を行う。前述の例では、1 OFDM シンボル内の各パイロット信号に対応するベクトル信号をベクトル加算する。位相雑音や残留周波数誤差による各サブキャリアの位相回転量は、1 OFDM シンボル内では各サブキャリアでほぼ同一となる。従って、1 個の OFDM シンボル内で各パイロット信号の位相回転情報信号を平均化することにより、当該 OFDM シンボル中の各サブキャリアの信号の、位相雑音および残留周波数誤差等のような各サブキャリアの位相回転量が 1 個の OFDM シンボル内で同一となるような要因に起因する位相回転量を精度良く知ることができる。1 個の OFDM シンボル内で平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号が 1 個の OFDM シンボ

ル毎にシンボル内平均回路 111 から出力される。シンボル内平均回路 111 から出力される 1 個の OFDM シンボル内で平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号は移動平均回路 112 に入力される。

#### 【0042】

移動平均回路 112 は、1 個の OFDM シンボル毎に入力される 1 個の OFDM シンボル内で平均化された重み付け後の各パイロット信号の位相回転情報信号に対し、複数シンボルに渡る時間方向の移動平均化処理を行い出力する。この時間方向の移動平均化処理により、受信回路 102 において信号に付加された熱雑音等による信号の劣化を除去することができる。移動平均回路 112 から出力される移動平均後の位相回転情報信号は位相回転補正回路 113 に入力される。

#### 【0043】

位相回転補正回路 113 は、移動平均回路 112 から入力される移動平均後の位相回転情報信号を用いて、同期検波回路 107 から入力される検波信号に含まれる位相雑音および残留周波数誤差等のような各サブキャリアの位相回転量が 1 個の OFDM シンボル内で同一となるような要因に起因する位相回転を補正する。位相回転補正後の検波信号が位相回転補正回路 113 から出力される。位相回転補正回路 113 から出力される位相回転補正後の検波信号は識別回路 114 に入力される。

#### 【0044】

識別回路 114 は、入力される検波信号のうち、データ信号（図 5 参照）についてシンボル判定を行い、その判定結果を復調出力として出力する。例えば、16QAM 変調の場合には識別回路 114 は各々の検波信号が図 6 に示す基準信号点 S1～S16 のいずれに該当するかを識別する。

#### 【0045】

##### （第 2 の実施の形態）

この形態の OFDM 復調装置について、図 2 を参照して説明する。この形態は請求項 2 に対応する。この形態は第 1 の実施の形態の変形例である。図 2 において、第 1 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 1 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

## 【0046】

図2のOFDM復調装置には、平滑化回路115の代わりに移動平均回路116を備えている。移動平均回路116の入力には、パイロット信号レベル情報抽出回路108が出力する1OFDMシンボル毎の各パイロット信号の信号レベル情報が印加される。

## 【0047】

移動平均回路116は、パイロット信号レベル情報抽出回路108が出力する各パイロット信号の信号レベル情報を各パイロット信号毎に時間方向に移動平均処理を行う。この移動平均処理により、パイロット信号レベル情報抽出回路108が出力する各パイロット信号の信号レベル情報に対する平滑化が行われる。移動平均回路116によって移動平均処理が施された各パイロット信号の信号レベル情報は重み付け回路110に入力される。

## 【0048】

## (第3の実施の形態)

この形態のOFDM復調装置について、図3を参照して説明する。この形態は請求項3に対応する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。図3において、第1の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第1の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

## 【0049】

図3のOFDM復調装置には、平滑化回路115の代わりに積分回路117および除算回路118を備えている。積分回路117の入力には、パイロット信号レベル情報抽出回路108が出力する各パイロット信号の信号レベル情報が印加される。

## 【0050】

積分回路117は、パイロット信号レベル情報抽出回路108が出力する各パイロット信号の信号レベル情報を各パイロット信号毎に時間方向に積分する。積分回路117により積分された各パイロット信号の信号レベル情報は除算回路118に入力される。

## 【0051】

除算回路 1 1 8 は、各パイロット信号の 1 個の OFDM シンボル当たりの信号レベルを算出するために、積分回路 1 1 7 が出力する各パイロット信号の信号レベル情報の積分値を、積分回路 1 1 7 にて積分処理した OFDM シンボル数でそれぞれ除算する。このように各パイロット信号の信号レベルの積分値を利用して各パイロット信号の 1 OFDM シンボル当たりの信号レベルを算出することにより、バーストの後ろにいくほど精度良く熱雑音の成分を除去することが可能となる。除算回路 1 1 8 によって算出された各パイロット信号の 1 OFDM シンボル当たりの信号レベル情報は重み付け回路 1 1 0 に入力される。

#### 【 0 0 5 2 】

##### (第 4 の実施の形態)

この形態の OFDM 復調装置について、図 4 を参照して説明する。この形態は請求項 4 に対応する。この形態は第 3 の実施の形態の変形例である。図 4 において、第 3 の実施の形態と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。第 3 の実施の形態と同一の部分については、以下の説明を省略する。

#### 【 0 0 5 3 】

図 4 の OFDM 復調装置には、除算回路 1 1 8 の代わりにビットシフト回路 1 1 9 を備えている。ビットシフト回路 1 1 9 の入力には、積分回路 1 1 7 が出力する各パイロット信号の信号レベル情報の積分値が印加される。

#### 【 0 0 5 4 】

ビットシフト回路 1 1 9 は、各パイロット信号の 1 個の OFDM シンボル当たりの信号レベルを算出するために、積分回路 1 1 7 にて積分処理した OFDM シンボル数が  $2^N$  ( $N$ :自然数) で表される時に、積分回路 1 1 7 から出力された各パイロット信号の信号レベル情報の積分値を  $N$  ビットのビットシフトにより除算を行う。なお、このビットシフトは、積分回路 1 1 7 にて積分処理した OFDM シンボル数が  $2^N$  ( $N$ :自然数) で表される時にのみ行い、ビットシフト回路 1 1 9 の出力を更新する。なおシンボル数が  $2^N$  であらわされないときは前回のビットシフトをしたときの結果をそのまま用いる。また、シンボル数が 1 の時はビットシフト回路 1 1 9 は入力された信号をそのまま出力する。このような処理を行うと、バーストの前に行くほどビットシフト回路 1 1 9 の出力が高い頻度で

更新され、バーストの後ろに行くほどその更新頻度は低くなる。しかしながら、前述のように、各パイロット信号の信号レベルの積分値を利用して各サブキャリアの 1 OFDM シンボル当たりの信号レベルを算出することにより、バーストの後ろにいくほど精度良く熱雑音の成分を除去することが可能となる。従って、バーストの後ろの更新頻度を低くしても特性は劣化しない。また、ビットシフトを行うために必要な回路規模は一般に非常に小さいため、回路規模を大幅に低減することができる。ビットシフト回路 119 によって算出された各サブキャリアの 1 OFDM シンボル当たりの信号レベル情報は重み付け回路 110 に入力される。

#### 【0055】

##### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、受信信号に熱雑音が付加されている場合でも高精度のパイロット信号の信号レベル情報を用いて各パイロット信号の位相回転情報に対して重み付けを行うため、重み付け後の信号の品質劣化を改善することが可能である。また、チャネル推定用プリアンブル信号の信号長を長くする必要がないため、システムのスループットの低下を招くことがない。さらに、各サブキャリア毎の伝送路（チャネル）状態の変動が大きい場合であっても、周波数方向の移動平均等の処理を行わないため、パイロット信号の送信に用いたサブキャリアのチャネル推定精度が低下することがない。

#### 【0056】

また、各パイロット信号の信号レベルの積分値を利用して各パイロット信号の 1 個の OFDM シンボル当たりの信号レベルを算出することにより、バーストの後ろにいくほど精度良く熱雑音の成分を除去することができる。

#### 【0057】

また、各パイロット信号の信号レベルの積分値をビットシフトすることで各パイロット信号の 1 個の OFDM シンボル当たりの信号レベルを算出することにより、回路規模を大幅に簡略化し、消費電力の増加を大幅に低減することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態の第 1 の例を示す図である。

【図 2】

本発明の実施の形態の第 2 の例を示す図である。

【図 3】

本発明の実施の形態の第 3 の例を示す図である。

【図 4】

本発明の実施の形態の第 4 の例を示す図である。

【図 5】

OFDM 信号のバーストフォーマットの例を示す図である。

【図 6】

16QAM 変調方式における位相平面上の基準信号点を示す図である。

【図 7】

従来の OFDM 復調装置の構成例を示す図である。

【符号の説明】

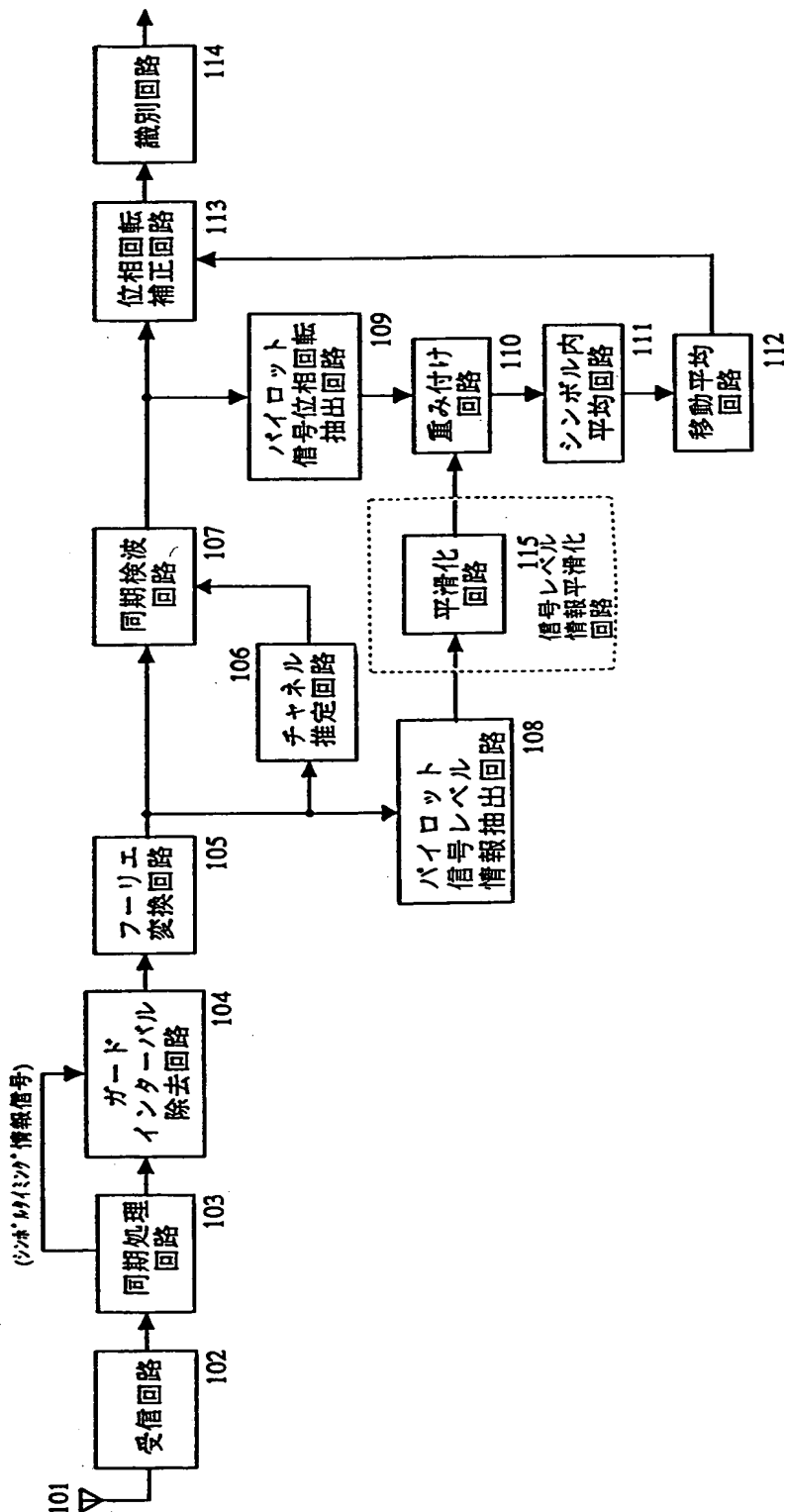
- 1、101 アンテナ
- 2、102 受信回路
- 3、103 同期処理回路
- 4、104 ガードインターバル除去回路
- 5、105 フーリエ変換回路
- 6、106 チャネル推定回路
- 7、107 同期検波回路
- 8、108 パイロット信号レベル情報抽出回路
- 9、109 パイロット信号位相回転抽出回路
- 10、110 重み付け回路
- 11、111 シンボル内平均回路
- 12、112 移動平均回路
- 13、113 位相回転補正回路
- 14、114 識別回路



- 1 1 5 平滑化回路
- 1 1 6 移動平均回路
- 1 1 7 積分回路
- 1 1 8 除算回路
- 1 1 9 ビットシフト回路

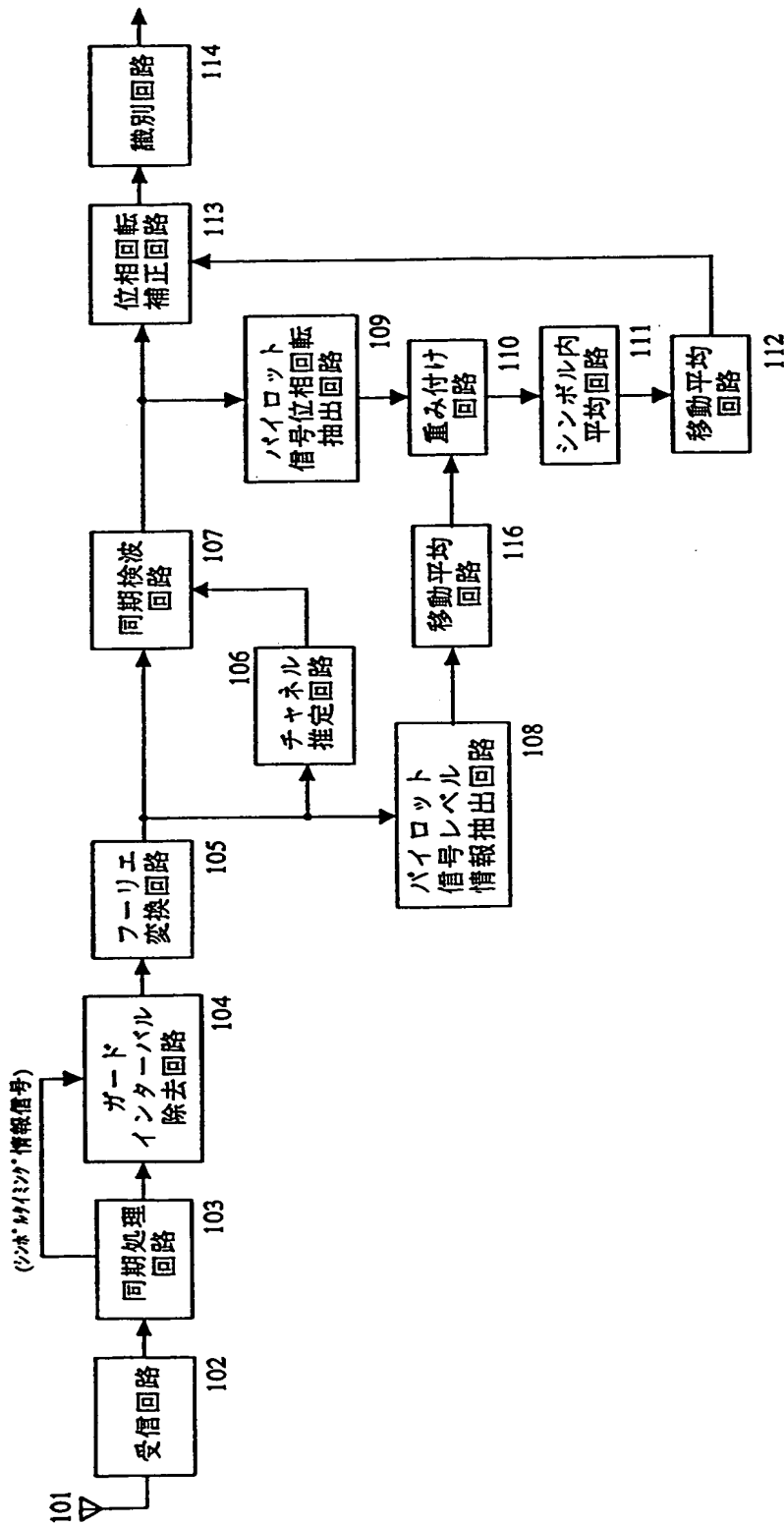
【書類名】 図面

【図 1】



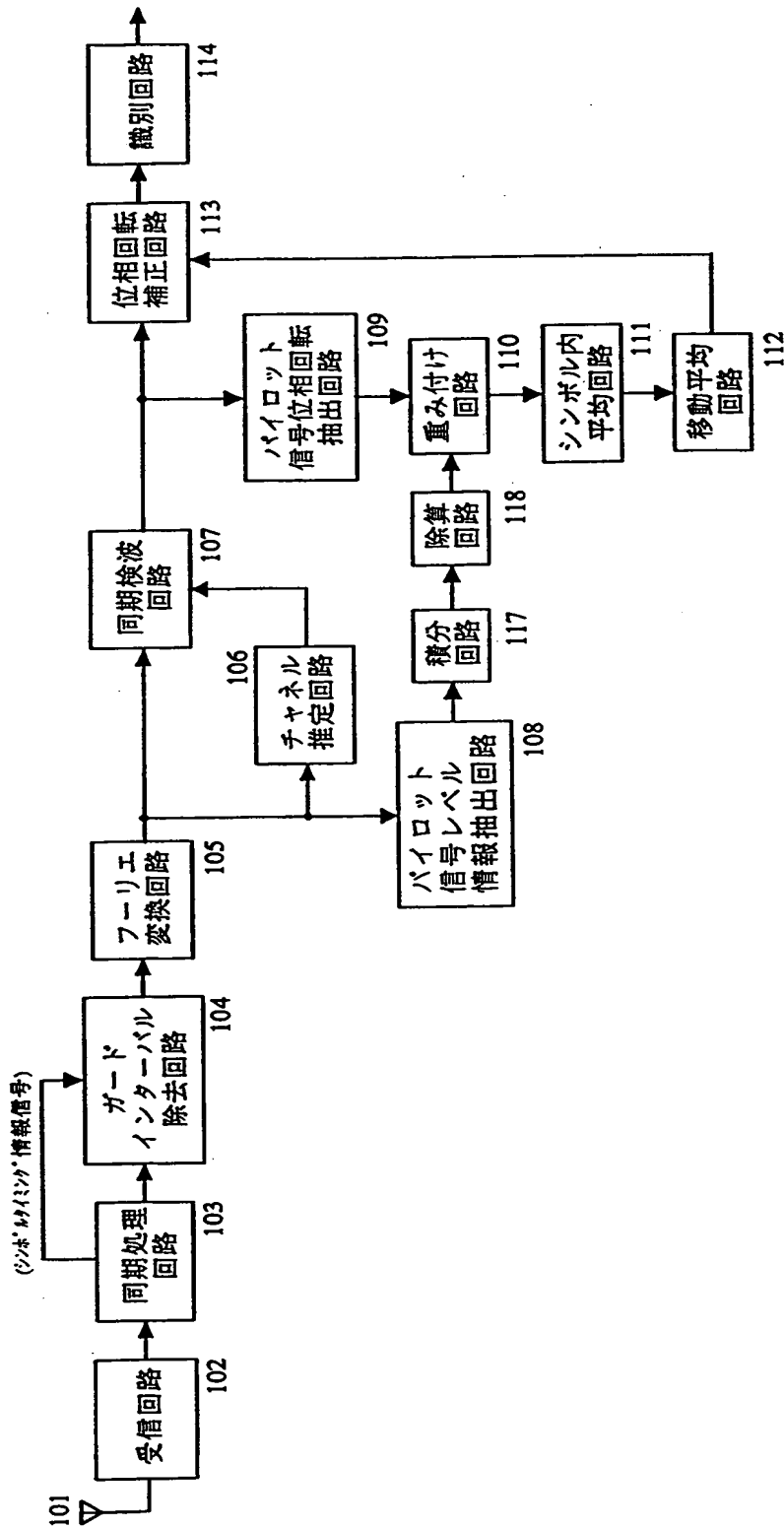
本発明の実施の形態の第1の例を示す図

【図 2】



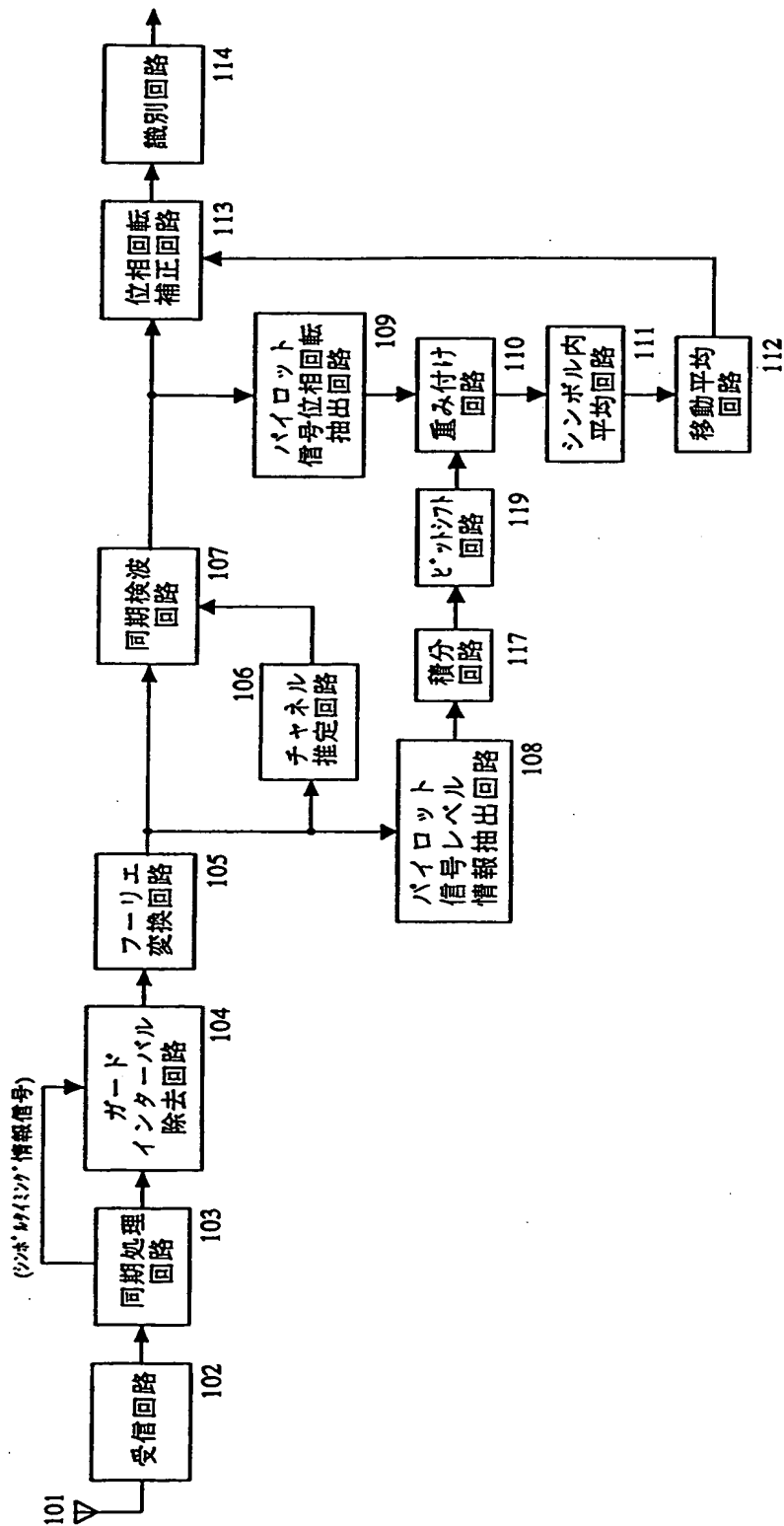
本発明の実施の形態の第2の例を示す図

【図 3】



本発明の実施の形態の第3の例を示す図

【図4】



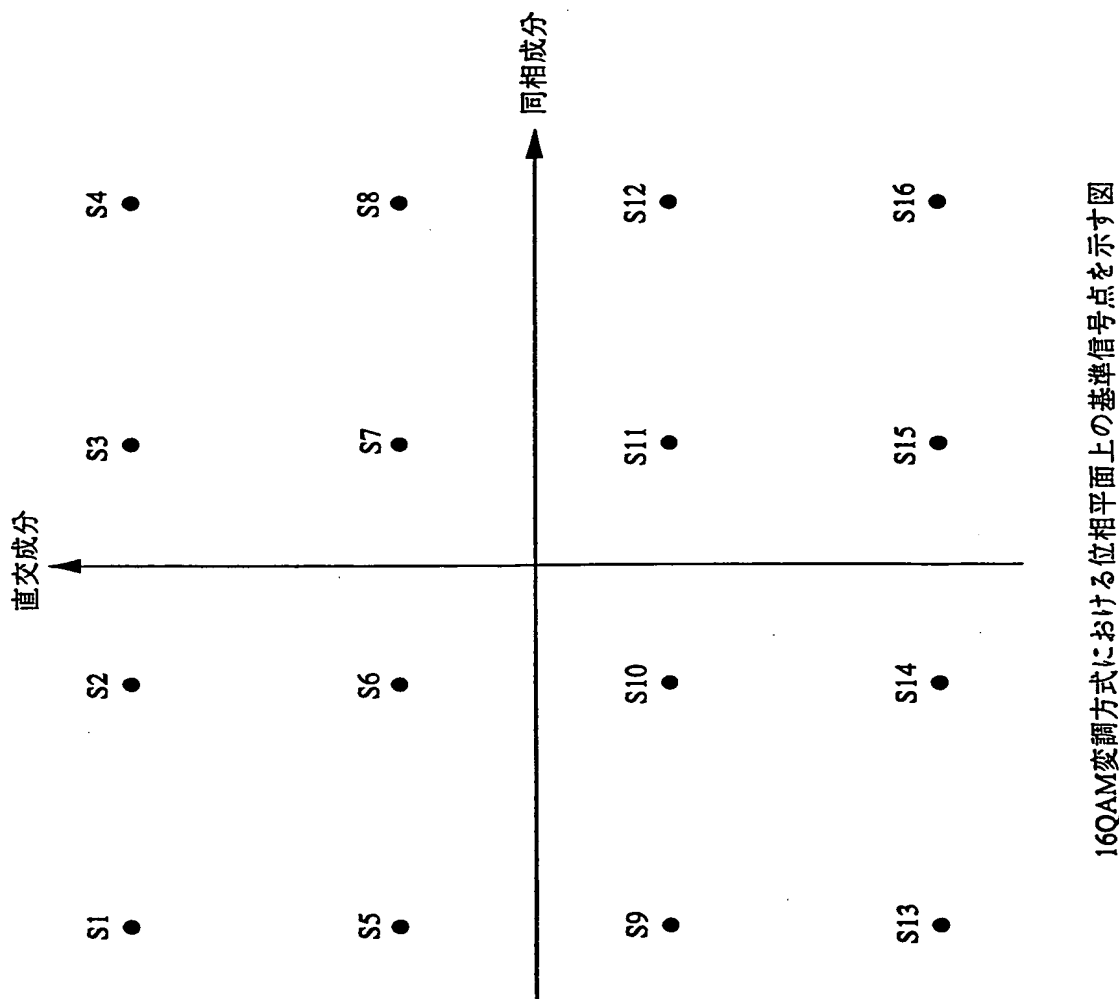
本発明の実施の形態の第4の例を示す図

【図 5】

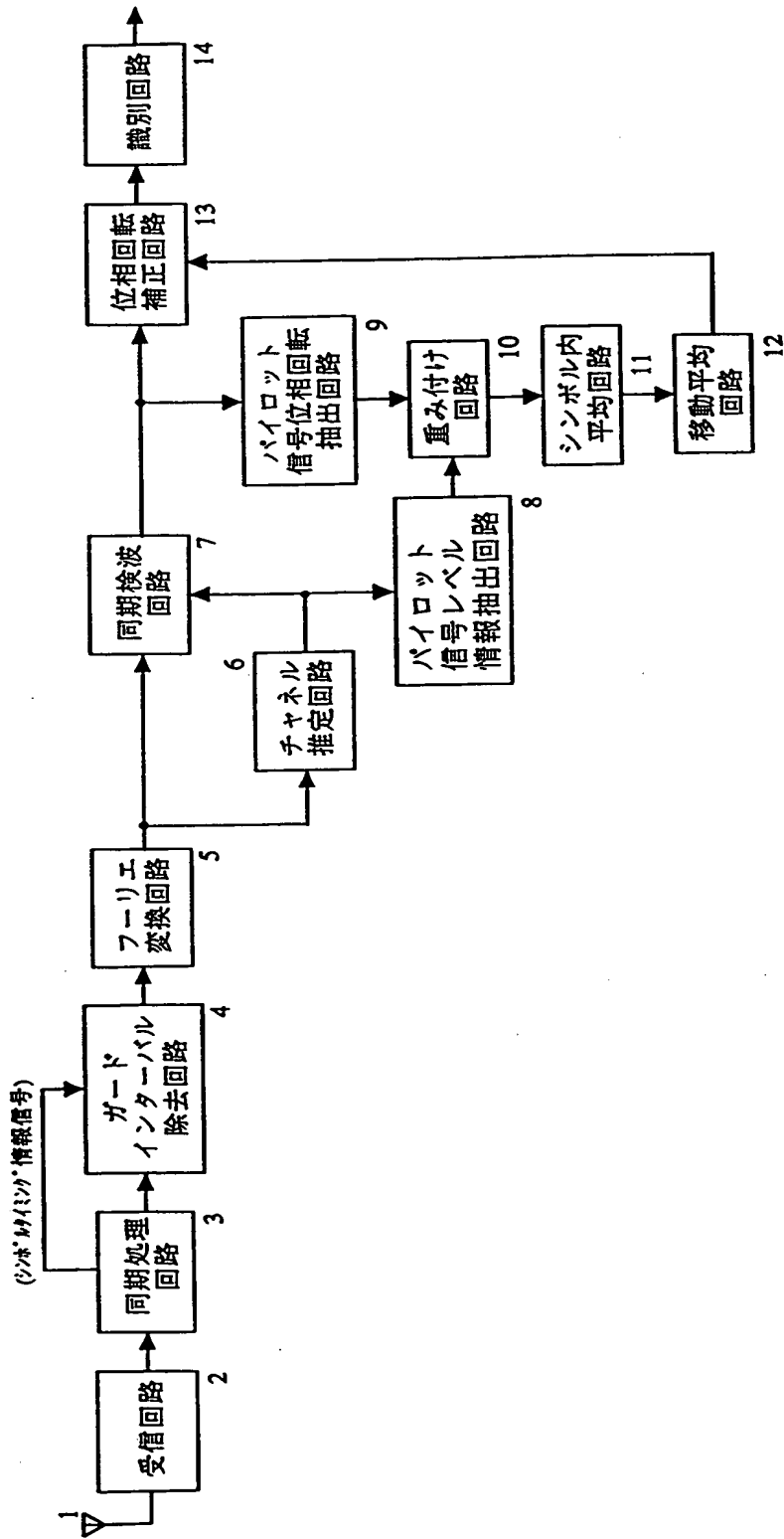
同期用 プリアンプル信号	チャネル推定用 プリアンプル信号	データ信号
-----------------	---------------------	-------

OFDM信号のバーストフォーマットの例を示す図

【図 6】



【図 7】



従来例のOFDM復調装置の構成を示す図

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 直交周波数分割多重（OFDM）復調装置において、受信信号に熱雑音が付加される場合に、簡易な回路で伝送効率を低下させずに復調信号の劣化を抑制する。

【解決手段】 直交周波数分割多重（OFDM）信号を受信して、各サブキャリア毎の信号に分離するフーリエ変換手段（105）と、分離された各サブキャリア信号を用いてチャネル特性の推定を行うチャネル推定手段（106）と、チャネル推定の結果を用いてフーリエ変換出力のサブキャリア信号に対し等化処理及び同期検波処理を行う回路（107）と、同期検波の出力のうちパイロット信号の位相回転量を検出する手段（109）と、フーリエ変換出力のパイロット信号の信号レベル情報を平滑化する手段（108、111）と、その出力の平滑化されたパイロット信号の信号レベル情報に基づいてパイロット信号の位相回転を重み付け（110）、その結果を平均化し（111）、移動平均処理（112）を行ない、その出力により前記同期検波回路（107）の出力の残留搬送波周波数誤差及び位相雑音により生じる位相回転を補正する位相補正回路（113）を有する。

【選択図】 図1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1995年 9月21日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号  
氏 名 日本電信電話株式会社
2. 変更年月日 1999年 7月15日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
氏 名 日本電信電話株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)